



(19)

(11) Publication number:

Generated Document.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN(21) Application number: **04317061**(51) Intl. Cl.: **A61B 5/07 A61B**(22) Application date: **26.11.92**

(30) Priority:

(43) Date of
application
publication: **03.06.94**(84) Designated
contracting states:(71) Applicant: **OLYMPUS CO LTD**(72) Inventor: **ADACHI HID**

(74) Representative:

(54)

**MICROMECHANISM
DEVICE**

(57) Abstract:

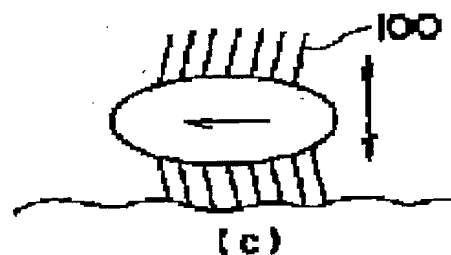
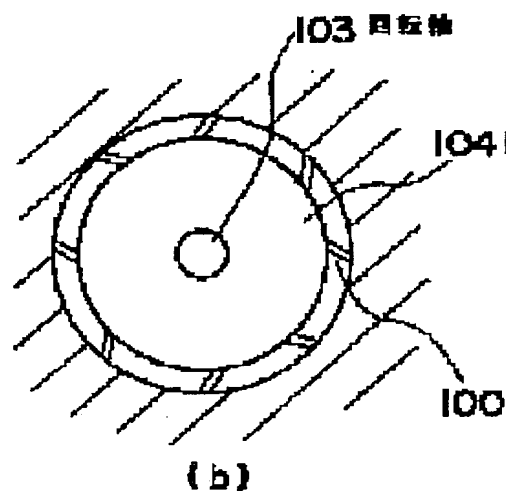
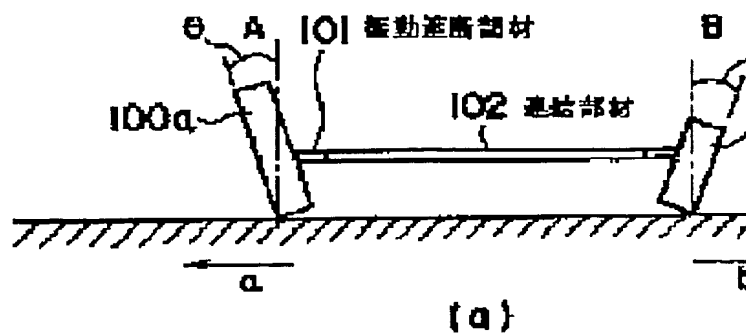
PURPOSE: To provide a micromechanism device which can move by determining a self-traveling direction and speed in a remote control style.

CONSTITUTION:

Vibrating objects 100a and 100b having a mutually different resonance frequency are held by a connecting member 102, and when acoustic energy having the same frequency with the resonance

frequency in either one of the vibrating objects 100a and 100b is radiated from outside, vibrational displacement independent of the vibrating objects 100a and 100b is resonated and excited, and thereby, a self-traveling direction and speed of the whole micromechanism device is determined, and the whole device can move in a remote control style.

COPYRIGHT: (C)
1994,JPO&Japio



基本的に電気エネルギーが必要となる。

【0011】しかも、図9に示した先行例では、リニア方向の移動の為に移動経路全てにおいて同じ方向に上下振動をさせる必要があり、大きな電氣的エネルギーが必要となる。また、図10に示した先行例においては、圧電体に電圧を印加の為に摺動電極配線が必要であり、そこからずれないようにするには管のようなガイドが必要とある。そして、両方の先行例共に、移動体への直接の配線は無いが、振動要素に対する電気エネルギーの供給は実質的に配線があるのと同じであるので無線式とは言えないものである。

【0012】本発明は上記問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、遠隔制御的に、自走の方向及び速度を決定し、装置全体を移動させることを可能としたマイクロメカニズム装置を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明のマイクロメカニズム装置は、相異なる共振周波数を有する少なくとも第1及び第2の機械的振動手段と、上記第1及び第2の機械的振動手段を保持する保持手段とを具備し、上記第1及び第2の機械的振動手段のいずれか一方の共振周波数と同一周波数の音響エネルギーを外部から順次放射すると、該第1及び第2の機械的振動手段に独立した振動変位が共振励起し、自走の方向及び速度が決定し、遠隔制御的に移動することを特徴

$$f = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad \dots (1a)$$

$$f = \frac{n}{2d} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad \dots (2a)$$

$$f = 0.4538 \frac{nt}{l^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad \dots (3a)$$

ここで、 n ($n \geq 2$) は振動の次数を示し、高調波に対応している。

【0018】上記微小物体に、上記共振周波数に等しい周波数の超音波を照射すると、該振動物体は共振し、振動物体の端部は振動変位する。尚、この共振周波数とは自由振動をさせた時のものであり、実際に用いる時にはこれらの振動要素を保持する腕が接続されている場合が多い。そして、この場合、振動物体と腕の各々の音響インピーダンスに大きな差がある場合や物体の共振周波数よりかなり小さな共振周波数を有する腕であれば、物体の共振周波数は腕の接続によって殆どずれることはな

とする。

【0014】

【作用】即ち、本発明のマイクロメカニズム装置では、相異なる共振周波数を有する少なくとも第1及び第2の機械的振動手段が保持手段により保持されており、該第1及び第2の機械的振動手段のいずれか一方の共振周波数と同一周波数の音響エネルギーが外部から順次放射されると、該第1及び第2の機械的振動手段に独立した振動変位が共振励起し、自走の方向及び速度が決定し、遠隔制御的に移動する。

【0015】

【実施例】先ず、本発明の実施例について説明する前に、図2を参照して、音響高周波リモート信号により微小物体が振動する原理について説明する。

【0016】図2(a)乃至(c)は、微小物体の具体例の形状を示す図であり、図2(a)は一辺 a の立方体、或いは直径 a 、高さ h の直方体、円柱を示し、図2(b)は直径 d の球を示し、図2(c)は長さ l 、厚さ t 、幅 w の板を示す。そして、これら微小物体が密度 ρ 、ヤング率 E の材質からなるとすれば、該微小物体は各寸法に対応した固有の機械的共振周波数を有することになる。例えば、図2(a)乃至(c)の各形状に対応する共振周波数は次式で示される。

【0017】

【数1】

い。

【0019】しかしながら、このような条件に無い場合、即ち、腕の音響インピーダンスが振動物体の音響インピーダンスに近かったり、各々の共振周波数が近接している場合には、振動は該腕を通して腕を支える基体に洩れ、同時に共振周波数も低下することになる。従って、この腕の設計は特に重要となる。

【0020】例えば、図2(b)に示す球の場合のように形状を表すパラメータが一つしか無い場合を除いて、他の形状の物体では、複数の振動姿態を持つので、これらの共振周波数が高調波の關係に無かったり近接してい

ない関係に有ることが必要である。そして、機械的品質係数 Q_m が小さいと、振動による機械的エネルギー損失が大きくなり、発熱したり機械的な制動が大きくなる。その結果、必要な振動振幅が得られず目的の動作ができなくなる場合がある。従って、振動物体として用いる材

料としては、機械的品質係数 Q_m の大きなものが好ましいと言える。ここで、各種材料の密度、弾性定数、機械的品質係数 Q_m の値は下記の表に示す通りである。

【0021】

【表1】

	密度 $\rho(\text{g/cm}^3)$	弾性定数 $c_{11}(\text{dyn/cm}^2)$	対数減衰率 δ	$Q_m(=1/\delta)$
Si	2.33	16.6	1.7×10^{-4}	5889
Ge	5.32	12.9	2.3×10^{-4}	4350
Al	2.7	11.2	3.0×10^{-4}	3330
Cu	8.9	17.0	6.9×10^{-4}	1450

【0022】この表からも明らかであるように、一般に、シリコン(Si)は機械振動によるエネルギーロス、即ち機械的品質係数 Q_m の逆数の値が小さいので、振動材料として適している。以下、図面を参照して、本発明の実施例について説明する。図1(a)は、第1の実施例に係るマイクロメカニズム装置の構成を示す図である。

【0023】同図に示すように、本実施例は複数の振動物体100a、100bを、音響インピーダンスが極端に異なるか、或いは共振周波数が極端に異なる振動遮断部材101を経て連結部材102で一体化された構成となっている。

【0024】この振動物体100a、100bは、互いに低次(例えば、5次以下)の高調波の関係にない周波数を共振周波数とした各々の寸法を有している。そして、これらを載置する他面に対する鉛直面から一定の角度互いに逆方向に傾くように構成されている。このような逆方向の傾きは、この移動体の動作によって決めることができ、本実施例は左右両方向に移動させるのに対応した構成をとっている。このような構成において、振動物体100aの共振周波数 f_a の超音波を該メカニズムに放射すると、振動物体100aは共振するが振動物体100bは共振しないので、このメカニズム装置は図中、aの方向に移動する。一方、振動物体100bの共振周波数 f_b の超音波を該メカニズムに放射すると、振動物体100bは共振するが振動物体100aは共振しないので、このメカニズム装置は図中、bの方向に移動する。従って、上記共振周波数 f_a 、 f_b の超音波を交互に、このメカニズム装置に照射すれば、該メカニズム装置を左右に交互に移動させることができる。次に、図1(b)は、本発明を回転子の振動源に応用した第2の実施例に係るマイクロメカニズム装置の構成を示す図である。

【0025】同図に示すように、本実施例のマイクロメカニズム装置は、回転軸103と回転子104と、その周囲に配置された2種類の異なる共振周波数を有する駆

動子100とで構成されている。そして、上記2種類の駆動子100は、回転子104に対して、それぞれの駆動子100が所定の角度を有するように基板105に固定されており、且つ、共振周波数が異なるこの2種類の駆動子100は一つおきに配置されている。

【0026】このような構成において、駆動子100の共振周波数を有する超音波を照射し、該駆動子100が共振すると、駆動子100がその振動方向が回転子104の径方向に対し傾斜して回転子104の周囲に接触しているので、駆動子100の先端は回転子104の周囲を突き回転子104を回転させる。尚、照射する共振周波数を変えることで、上記2種類の駆動子の振動を制御することができるので、回転方向を任意に制御することができる。

【0027】以上説明した第1及び第2の実施例の動作は、これらの物体の寸法が極めて小さく、振動させるのに必要な機械的エネルギーはその体積に比例するが、機械的品質係数 Q_m に反比例するので、シリコンのような機械的品質係数 Q_m が高い材料を用いてこそ、それほど大きくない超音波エネルギーの照射で動作させることができるのである。そして、このシリコン材料は、高集積度半導体デバイスのプロセス技術を用いれば容易にこれらの構造を製造することができる。次に、図1(c)は、第3の実施例に係るマイクロメカニズム装置の構成を示す図である。

【0028】同図に示すように、非常に軽量の細長い物体の細長部側胴部106には無数の繊毛構造が少し傾けて配置されている。そして、この無数の繊毛構造は、この軽量の細長い物体と一体的に形成されており一本一本は細いが強く、屈曲変位に対するバネ性があり、且つ付け根の傾斜は殆ど変化しないようになっている。この為、母体部全体を上下に振動させると、無数の繊毛構造の一本一本はその屈曲バネ性によって撓み、次の瞬間にこの撓みが戻ると同時に、この繊毛構造を備えたメカニズムは矢印の方向へ移動する。

【0029】このような構成は、一方向への移動のみで

よい場合は有効なものであると言える。また、相対的に上下の揺動があれば矢印の方向への移動は可能であり、特に音響エネルギー照射がなくてもある程度は移動可能で、このメカニズムを載置した台地の表面の凹凸状態の時間的変化によっても移動することができるので、この分だけ、照射音響エネルギーは少なくすることができる。尚、前述のような構成の場合、それが持つ固有振動周波数より高い周波数の音響エネルギーの照射が必要となる。次に、第4の実施例に係るマイクロメカニズム装置について説明する。

【0030】本実施例のマイクロメカニズム装置では、強誘電体素子の圧電効果や焦電効果を用いて、振動エネルギーや熱エネルギーを電気エネルギーに変換し、該エネルギーを使用することを特徴としている。

【0031】図3は、第4の実施例に係るマイクロメカニズム装置の構成を示す図である。同図において、移動脚共振振動子群1、2は、複数の移動脚共振振動子4乃至7からなり、移動時の動力源となる機械的振動要素である。そして、圧電型エネルギー変換部3は、上記移動脚共振振動子1、2の音響共振部以外の部位に形成されておりマイクロメカニズム装置に搭載した諸回路の動力用電源を供給する。そして、この圧電型エネルギー変換部3には、強誘電体素子8乃至10が一体的に形成されており、AC/DC変換器11は、これら強誘電体素子8乃至10から圧電効果により発生する振動電圧を直流電圧に変換する。

【0032】さらに、センサ回路14に接続された圧電（焦電）型赤外線センサ16、17は、本マイクロメカニズム装置と一体的に構成されており、圧電、焦電効果を利用している。そして、高周波発振回路15、周波数変調器18、アンテナ19はセンサ信号送波のためのものであり、この送波信号22は受信機21側の受信アンテナ20により受信される。

【0033】このように本実施例のマイクロメカニズム装置は、外部からの超音波信号23によって起動し移動方向も決められ、マイクロメカニズムの環境情報をセンシングして、該センシング信号を受信機21に送信

するものである。尚、上記センサ回路14の動作電力も外部からの超音波信号23を圧電変換、整流をすることによって得られる。図4は、第4の実施例に係るマイクロメカニズム装置の具体的な構造を示す図である。

【0034】同図において、基板27にシリコン（Si）プロセスを用い、共振周波数 f_a を有する移動脚共振子28a、28b、 f_a と異なる共振周波数 f_b を有する移動脚共振子29a、29b、図4に示した構造をしたチョッパ用回転体が2つ一体に付設されている。そして、該回転体に設けられた窓33、34によって、この回転体の下に配置した強誘電体への入射赤外線をオン／オフさせる。

【0035】さらに、これにより発生する焦電電力、又は電力変換用共振振動子からの信号を電源としたセンサ回路14、高周波発振回路15、周波数変調器18がシリコン基板に一体的に形成されている。更に、アンテナ48も併設された構造となっている。

【0036】この移動脚共振子29a、29bを図4のAA'で断面としてを見ると、図5に示すようになっており、基板27に腕部30で係持された同一材料の移動脚共振振動部材29a、29bがシリコンプロセスを用いて形成されている。さらに、上記チョッパ用回転体の断面構造は図6に示すようになっている。

【0037】同図に示すように、チョッパ用回転体は、固定軸35、36、窓33、34が開いていて、複数の共振振動子37a乃至37d、38a乃至38dをその周囲に配した回転体からなっている。そして、複数の共振振動子は先に図4に示したように、回転体の径方向に対し僅かに傾いた角度を有して一体化している。さらに、その先端は共振していない状態ではその周囲壁には接していず、共振している時は周囲壁を一周毎に突く動作をする構造となっている。ここで、第4の実施例のマイクロメカニズム装置の寸法は、次式により設計することができる。

【0038】

【数2】

$$f_l = \frac{1}{2h} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad \dots (2a)$$

$$f_p = 0.4538 \times \frac{t}{l^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad \dots (2b)$$

【0039】そして、材料をシリコンとすると、 $\rho = 2.33 \text{ g/cm}^3$ 、 $E = 1.9 \times 10^{12} \text{ dyn} \cdot \text{cm}^{-2}$ なので、 $t = 10 \mu\text{m}$ 、 $h = l = 100 \mu\text{m}$ のとき、次式の

ようになる。

【0040】

【数3】

$$f_l = \frac{1}{2 \times 100 \times 10^{-4}} \sqrt{\frac{1.9 \times 10^{12}}{2.33}} \quad \text{cgs unit}$$

$$= 45 \text{ MHz} \quad \dots (3a)$$

$$f_p = 0.4538 \times \frac{10 \times 10^{-4}}{(100 \times 10^{-4})^2} \sqrt{\frac{1.9 \times 10^{12}}{2.33}} \quad \text{cgs unit}$$

$$= 4.1 \text{ MHz} \quad \dots (3b)$$

一般に、超音波が媒体中を伝播するとき、周波数の上昇と共に減衰が大きくなり、この減衰を考慮すると超音波の周波数は5MHz～10MHzが上限である。体外に超音波探触子を配置する超音波診断装置では、この周波数で侵入距離は約10cmであり、肋骨、皮下脂肪に妨害されなければ超音波が侵入できる。

【0041】従って、自走用アクチュエータとしての共振振動子の寸法は500μm以上となる。また、図3の回転子に取り付けられた共振振動子の寸法は厚さが10μm、長さ100μmの屈曲振動子とする。この回転子の寸法は直径1mmである。

【0042】これらの寸法から解るように、図3に示したメカニズムは5mm×3mm程度、厚さ0.5mm程度の寸法となる。このように、メカニズム全体の寸法は、mm寸法となるが、メカニズムの心臓部である共振子はμm寸法となる。尚、このような寸法が、十分体腔内に入る寸法で、内視鏡医療に寄与できるものであることは勿論である。次に、図7を参照して、第4の実施例に係るマイクロメカニズム装置の製造プロセスについて説明する。

【0043】図7(a)に示すようにシリコン基板49の表面を酸化する。そして、図7(b)に示すように、該シリコン基板49の表面に強誘電体薄膜の下部電極となる白金50をスパッタなどによって全面に成膜する。さらに、図7(c)に示すように、該白金下部電極をRIEやイオンビーミングなどの手段で電極部、配線部にエッチングし、その後、ジルコンチタン酸鉛(PZT)などの強誘電体薄膜をスパッタ、ゾルゲル法、CVDなどの方法で成膜し上部電極52を施す。そして、図7(d)に示すように、RIEや、イオンビーミングなどの手段で電極部、配線部の形状になるようにエッチングし、LPCVD法で構造膜53としてポリシリコンを形成する。そして、図7(e)に示すように、回転子を納めこみ、回転子の周囲に配置した共振振動子37の先端が突く相手の側壁となる構造を形成する為にポリシリコン53の表面にLPCVD法などの手段でSiO₂膜を形成し、フォトリソグラフィで、先に形成したポリシリコン53をエッチングする為のマスクになるよう

にエッチングを行う。

【0044】さらに、図7(f)に示すように、このマスクを通してエッチングを行い、強誘電体上の電極面まで到達する深さの円柱状の窪みを形成する。そして、図7(g)に示すように、イオンビーミング方法等でリング状くぼみ54、円柱状くぼみ55を形成する。そして、図7(h)に示すように、円柱状くぼみ55部に回転羽の軸とする為の柱状部材56をポリシリコンを用いて形成する。

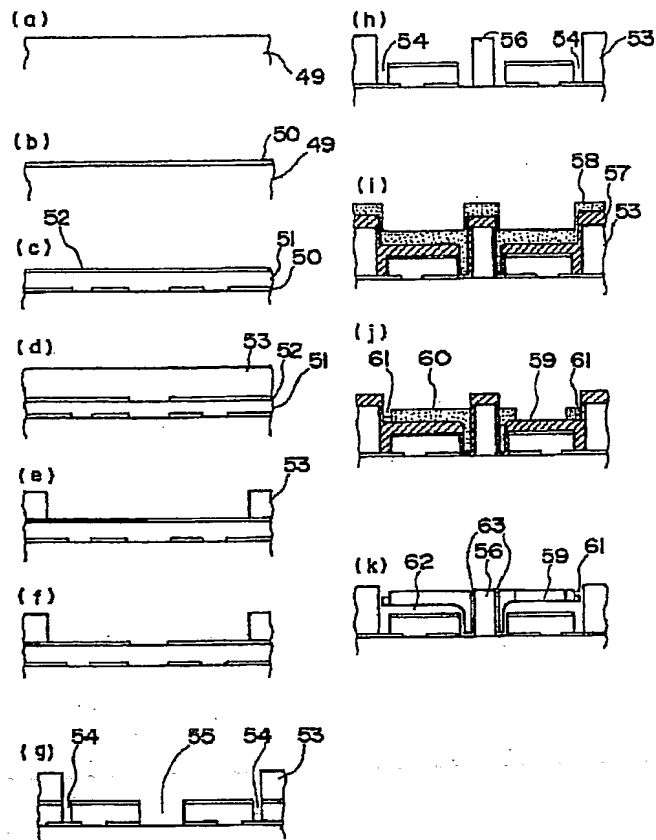
【0045】次いで、図7(i)に示すように、最後に除去し犠牲層としての役割を果たす酸化膜層57をLPCVD、プラズマCVDなどで形成し、その上に膜層を回転子の羽とその周辺に形成する共振振動子になる材料部分58としてポリシリコンをLPCVD法を用いて形成する。

【0046】そして、図7(j)に示すように、このポリシリコンに窓部59、振動子部61をRIE、イオンビーミング方法を用いてエッチングする。そして、図7(k)に示すように、最後に犠牲層57を湿式エッチして除去する。こうして、図4に示す可動構造マイクロメカニズム装置が実現できる。

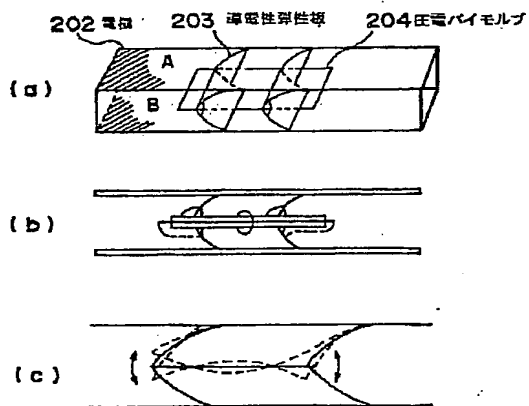
【0047】この構造の実現により、焦電センサと焦電形エネルギー変換装置を搭載し、焦電信号、即ち赤外線検出信号をリアルタイムでワイヤレス送信でき、且つ外部からのリモート音響波の照射で移動可能なマイクロメカニズム装置を提供することができるようになる。尚、強誘電体薄膜としては、ジルコンチタン酸鉛系(PZT)、ピスマス層状構造強誘電体系(BLSF)、チタン酸バリウム、チタン酸鉛のうちの一つまたは複数の酸化物強誘電体が挙げられる。次に、図8を参照して、第5の実施例に係るマイクロメカニズム装置について説明する。

【0048】図8(a)はマイクロメカニズム装置の裏面から移動脚部分を見た図である。同図に示すように、移動脚63a、63bは比較的周辺近傍に形成されておりセンサ回路などの諸回路64a、64b、64cは基体にシリコンプロセスなどを用いて一体的に形成されて

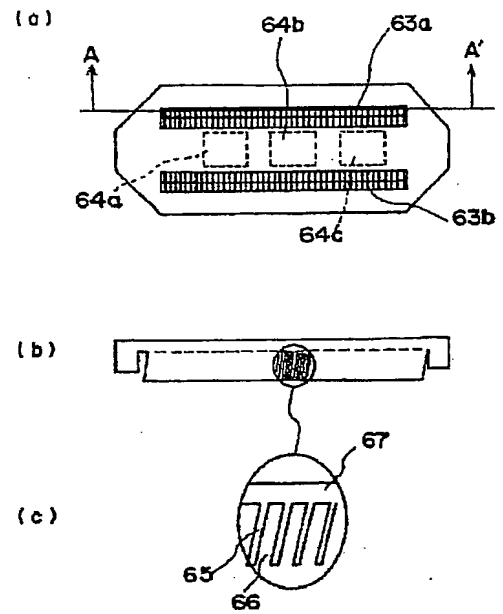
【図7】



【図10】



【図8】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.